

Целью нашей работы было определение механизма реализации топологического БКТ перехода в двумерной спиновой системе с ДМ взаимодействием. Для этого нами была рассмотрена ХУ модель с внутривсплошным ДМ взаимодействием, которая в рамках квазиклассического приближения описывается гамильтонианом Покровского-Талапова[6]. Критическое поведение в данной модели исследовалось при помощи двух методов: техники бозонизации (дуальность с моделью Тирринга[7]), дополненной формализмом функциональной ренорм-группы (fRG)[8]; и дуальным отображением на модель двумерного кулоновского газа[9].

В работе показано, что в терминах тирринговских фермионов взаимодействие ДМ приводит к добавлению фиктивной постоянной связности, а в модели кулоновского газа – к созданию эффективного электрического поля, действующего на магнитные вихри. С физической точки зрения это означает, что ДМ взаимодействие приводит к разрыву связанных дипольных пар вихрь-антивихрь. Таким образом, происходит разрушение БКТ перехода в данной системе.

Список публикаций:

- [1] V. Berezinskii, // *Sov. Phys. JETP*, 32, 493 (1971).
- [2] J.M. Kosterlitz, D.J. Thouless, // *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 6, 1181 (1973).
- [3] J.V. Jose, // *40 years of Berezinskii-Kosterlitz-Thouless theory*, World Scientific (2013)
- [4] J. Kishine and A.S. Ovchinnikov, // *Theory of monoaxial chiral helimagnet*, *Solid State Physics*, vol 66, pp 1 – 130 (2015).
- [5] I. Dzyaloshinskii, // *Sov. Phys. JETP*, 19, 960 (1964).
- [6] V.L. Pokrovsky, A.L. Talapov, // *Phys. Rev. Lett.*, 42, 65 (1979).
- [7] S. Coleman, // *Phys. Rev. D*, 11, 2088 (1975).
- [8] C. Wetterich, // *Phys. Lett. B*, 301, 90 (1993).
- [9] N. Nagaosa, // *Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics*, Springer (1999).

## Исследование динамики пробной нуль-струны в гравитационном поле мультиструнной системы

**Осокин Константин Сергеевич**

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского*

*Леяков Александр Петрович, к.ф.-м.н.*

*Oxygen93@ya.ru*

Одно из направлений теории струн состоит в исследовании роли одномерно-протяженных объектов в космологии. Калибровочные Теории Великого Объединения предсказывают возможность образования в процессе фазовых переходов в ранней Вселенной одномерных топологических дефектов, получивших название космических струн [1]. В работе [2] было показано, что наличие таких объектов во Вселенной не противоречит наблюдаемому микроволновому реликтовому излучению. Также не исключается, что космические струны могли сохраниться до современной эпохи и могут быть наблюдаемыми.

Приближение нуль-струн – модель теории струн, согласно которой точки струны взаимодействуют лишь с окружающим их гравитационным полем, но не друг с другом [3]. Исследование движения пробной нуль-струны в гравитационном поле замкнутой нуль-струны постоянного и переменного радиуса показало наличие для пробной нуль-струны только «узкой» области, находясь в которой она может взаимодействовать с нуль-струной порождающей гравитационное поле, что говорит о возможности реализации «зернистой» структуры пространства, заполненного газом нуль-струн [4]-[6]. Наличие для каждой пробной нуль-струны попавшей в «зону взаимодействия» аномальных участков траектории, на которых пробная нуль-струна за очень короткий промежуток времени или ускоренно выталкивается на бесконечность или ускоренно притягивается из бесконечности, подтверждает, хотя и косвенно, гипотезу о возможной струнной природе механизма инфляции Вселенной.

В данной работе рассмотрено движение пробной нуль-струны в гравитационном поле мультиструнной системы, состоящей из  $m \times n$  замкнутых нуль-струн, имеющих форму окружности неизменного радиуса и движущихся в одном направлении. Так же проведено моделирование фазовых траекторий движения пробной нуль-струны в поле мультиструнной системы, состоящей из 4 нуль-струн, находящихся на двух параллельных слоях по 2 нуль-струны на каждом.

Функции  $x^\alpha$ , определяющие траектории движения замкнутых нуль-струн, образующих мультиструнную систему, которая движется вдоль отрицательного направления оси  $z$ , имеют вид:

$$t = \tau, \quad \rho = R_i, \quad \theta = \sigma, \quad z = z_j^0 - \tau, \quad (1)$$

где  $\tau$  и  $\sigma$  параметры на мировой поверхности нуль-струны,  $\tau \in (-\infty, +\infty)$ ,  $\sigma \in [0, 2\pi]$ ,  $R_i = \text{const}$ ,  $i = 1..n$ ,  $z_j^0 = \text{const}$ ,  $j = 1..m$ , причём  $R_{i+1} > R_i$ , и  $z_{j+1}^0 > z_j^0$ .

Квадратичная форма для решаемой задачи может быть представлена в виде [4]

$$dS^2 = e^{2\nu}(dt^2 - dz^2) - Ad\rho^2 - Bd\theta^2, \quad (2)$$

где  $A$ ,  $B$  и  $\nu$  – функции переменных  $q = t + z$  и  $\rho$ . Движение пробной нуль-струны в поле такой мультиструнной системы описывает система уравнений

$$q_{,\tau\tau} + 2\nu_{,\tau}q_{,\tau} = 0, \quad (3)$$

$$\eta_{,\tau\tau} + 2\nu_{,\rho}\eta_{,\tau}\rho_{,\tau} + e^{-2\nu}\left(A_{,q}(\rho_{,\tau})^2 + B_{,q}(\theta_{,\tau})^2\right) = 0, \quad (4)$$

$$\rho_{,\tau\tau} + \frac{1}{A}\left\{e^{2\nu}\nu_{,\rho}q_{,\tau}\eta_{,\tau} + A_{,q}q_{,\tau}\rho_{,\tau} + \frac{1}{2}\left(A_{,\rho}(\rho_{,\tau})^2 - B_{,\rho}(\theta_{,\tau})^2\right)\right\} = 0, \quad (5)$$

$$\theta_{,\tau\tau} + \frac{B_{,\tau}}{B}\theta_{,\tau} = 0, \quad (6)$$

$$e^{2\nu}q_{,\tau}\eta_{,\tau} - A(\rho_{,\tau})^2 - B(\theta_{,\tau})^2 = 0, \quad (7)$$

$$\frac{1}{2}e^{2\nu}(q_{,\tau}\eta_{,\sigma} + \eta_{,\tau}q_{,\sigma}) - A\rho_{,\tau}\rho_{,\sigma} - B\theta_{,\tau}\theta_{,\sigma} = 0, \quad (8)$$

где  $\eta = t - z$ . Результат моделирования движения пробной нуль-струны представлен на рисунке 1.

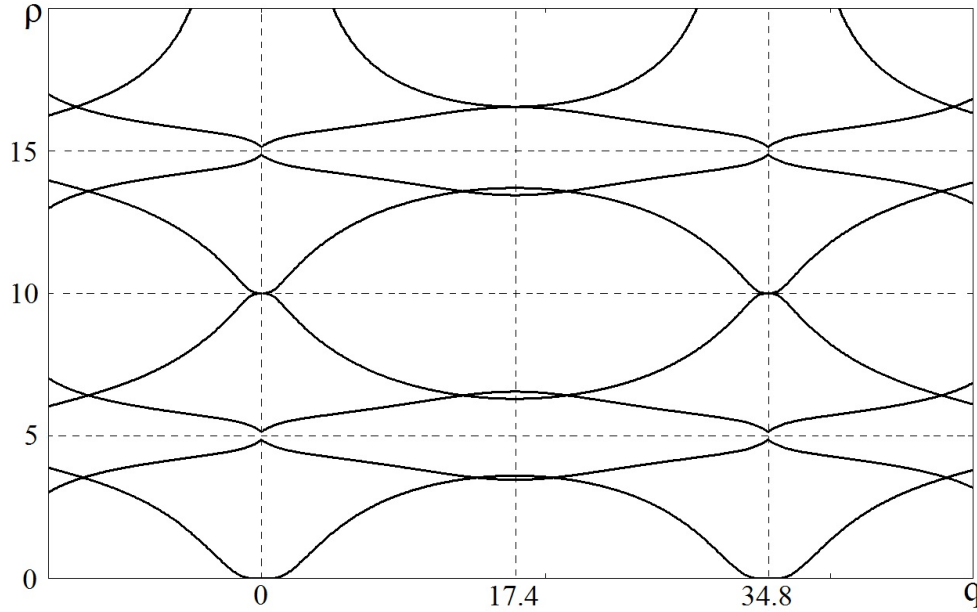


рис. 1. Возможные траектория движения пробной нуль-струны в поле мультиструнной системы с  $n = m = 2$ ,  $z_1^0 = 0$ ,  $z_2^0 = 34,8$ ,  $R_1 = 5$ ,  $R_2 = 15$ .

Из рисунка видно, что в момент прохождения пробной нуль-струны плоскости, в которой находятся струны, характер её движения изменяется. Такое поведение свойственно только для мультиструнных систем и не реализуется в поле уединённой нуль-струны.

Список публикаций:

- [1] A.D. Linde, *Particle Physics and Inflationary Cosmology*, Princeton University Press, (1994).
- [2] C.T. Hill, D.N. Schramm and J.N. Fry, *Commun Nucl. Part. Phys.* 19, 25 (1999).
- [3] A. Shild, *Phys. Rev. D* 16, 1722 (1977).
- [4] A.P. Lelyakov, *Gravitation and Cosmology* 21, No.3, 200 (2015).
- [5] A.P. Lelyakov, *Gravitation and Cosmology* 21, No.4, 309 (2015).
- [6] O.P. Lelyakov, A.S. Karpenko, R.-D.O. Babadzhan, *Ukr. J. Phys.* 59, 1114 (2014).